

## 形質転換カイコの作出

田村 俊樹\*・神田 俊男\*\*



## 1. はじめに

農業では昆虫は害虫として考えられることが多いが、大部分の昆虫は私達とは直接接触することなく生活を営んでいる。昆虫は同定されたものだけで100万種以上にわたり、さまざまな環境に適応するように進化を遂げてきた。近年、昆虫の多彩な機能にスポットをあて、昆虫機能を産業的に利用しようとする研究が進められている。

異種生物の遺伝子を導入し、別の機能を生物に持たせる技術である形質転換は昆虫の産業化のためには最も重要な技術の一つである。しかし、植物や動物とは異なり、昆虫ではこの技術はかなり難しく、ショウジョウバエ以外の昆虫では形質転換個体を作ることではできなかった(Ashburner *et al.*, 1998)。最近になってようやくチチュウカイミバエやカ、カイコ等で成功するようになった(Loukeris *et al.*, 1995; Coates *et al.*, 1998; Jasinskiene *et al.*, 1998; Berghammar *et al.*, 1999; Tamura *et al.*, 2000)。この成功は昆虫の形質転換を行う場合にベクターとして用いることのできるトランスポゾンの発見によるところが大きい(Handler *et al.*, 1998)。

一方、形質転換昆虫の利用を計る場合、安全性を十分に考慮することが大切である。昆虫には翅があり、飛ぶため、実験室内に隔離するには特別な施設が必要である。しかし、カイコは飛ぶことができず、家畜化しているため自然界では生存できない。そのため、容易に隔離できることから、組み換え昆虫として扱う場合の安全性は非常に高い。

また、カイコは国内における養蚕業の衰退とともに、産業的な価値が重視されなくなってきたが、昆虫機能の利用という面からは、非常に特徴

のある生物である。歴史的には昆虫が生産するものを直接利用した産業は養蚕業と養蜂業だけである。とくにカイコは人工的に大量に飼育され、これに適するよう改良されてきた。今日ではクワのない季節においても人工飼料によって飼育する技術が確立し、一年を通じて研究を行うことができる。これに加え、生理・生化学的研究や分子遺伝学的研究が進み、生体機能やゲノムに関する情報が集積されつつある。さらに、大量のタンパク質の生産に適した絹糸腺という特殊な器官を有している。これらの利点から、形質転換カイコは昆虫における組み換え体の利用を促すためのモデルとして有効であるとともに、その実用的な価値が非常に高いと考えられる。

筆者らの研究室ではフランスやアメリカの研究グループと共同研究を行うことによって、カイコでは初めてトランスポゾンを利用して形質転換個体を作出する方法を確立した(Tamura *et al.*, 2000)。この方法は再現性が高く、労力的にも実用技術といえるレベルに達している。このことにより、形質転換カイコの実用化に向けての研究がようやく可能となった。ここでは形質転換カイコの作出についての私達の研究を中心に、これまでに行われてきた実験の経過と現状について紹介する。

## 2. カイコ卵へのDNAの注射とベクターとして利用できるトランスポゾンの探索

形質転換カイコを作出するためには、受精直後のカイコ卵にDNAを注射する技術を確認する必要がある。他の昆虫と比較して、カイコ卵は卵殻が厚くて固い。また、胚発生に10日間を要し、注射に対する抵抗性も弱い。このため、発生初期のカイコ卵への注射は難しく、通常の方法ではほとんどが死んでしまい、多数の卵にDNAを注射し、幼虫にすることはできない。筆者らの研究室では

\* 農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所 (Toshiki Tamura)

\*\* 科学技術振興事業団 (Toshio Kanda)

マイクロマニピュレーターに接続したタングステン針で卵の一端に穴を空け、この穴にガラスキャピラリーを差し込み、DNAを空気圧で押し出すことによって注射する方法を開発した(写真1)。この方法はカイコ卵のような堅くて厚い卵殻を持つものへの注射には有効で、受精直後の時期である産卵後2~4時間の卵に体積の1%程度のDNA溶液を注射した場合で、卵の30%以上を孵化させることが可能である(神田・田村, 1991)。また、扱える卵数も多く、1日に500個以上の卵にDNAを注射することができる。

この方法を用いてショウジョウバエのヒートショックタンパク質遺伝子やカイコの細胞質アクチン遺伝子の上流などのいろいろなプロモーターにクロラムフェニコールアセチルトランスフェラーゼ(CAT)や $\beta$ -ガラクトシダーゼ( $\beta$ -Gal)等のレポーター遺伝子を繋いだプラスミドを注射した結果、このような強力なプロモーター活性を持つ遺伝子はカイコの卵内の細胞で発現することがわかった(Tamura *et al.*, 1990; Coulon - Bulex *et al.*, 1993)。注射した遺伝子が発現するためには細胞の核に入り、ここでDNAからmRNAが合成される必要がある。このことから、発生初期のカイコ卵に注射したDNAは胚の細胞の核中に取り込まれることがわかった。そのため、最初はDNAを発生初期の卵に注射することにより、形質転換体を作ることができると考えられた。しかし、実験を重ねた結果、カイコの場合は注射したDNAの卵内での分解速度が非常に速く、遺伝

子の発現は注射した当代の卵期だけで、注射した遺伝子が次世代に伝わる頻度は非常に低かった(Nagaraju *et al.*, 1996)。そのため、この方法で形質転換体を作ることは難しいと判断され、トランスポゾンを用いた方法が検討された。

### 3. カイコで機能するトランスポゾンの検索

ショウジョウバエ等の研究から、昆虫の形質転換のためにはDNA型のトランスポゾンが有効であると一般に考えられている(Rubin and Spradling, 1982; O'Brochta and Atkinson, 1996)。しかし、カイコの場合、活性のあるDNA型のトランスポゾンは発見されていなかった。そのため、カイコでベクターとして機能するトランスポゾンの探索を行った。

最初、カイコのゲノム中に存在するDNA型トランスポゾンを調べた。カイコで、すでに見ついているDNA型のトランスポゾンは*k1.4*と*mariner*であるが、これらはいずれも遺伝子が欠けている不完全なものであるため、ベクターとして利用することは難しいと考えられた(Tomita *et al.*, 1998)。そこで、他の昆虫で見い出されているDNA型のトランスポゾンの中からカイコで機能するものを探しだし、これを用いることができるかどうかを調べた。この場合、機能するトランスポゾンかどうかを検定するための簡便な手法として、プラスミド間での切り出し活性または転移活性を調べる方法を利用した。

DNAタイプのトランスポゾンが転移するにはゲノムからトランスポゾンが切り出され、この切り出されたトランスポゾンがゲノムの別の位置に挿入される必要がある。図1(a)の方法はこの切り出し活性を調べる方法である。すなわち、この方法では転移酵素遺伝子を発現するプラスミドであるヘルパーとトランスポゾンの中に*LacZ*遺伝子を組み込んだ検定用のプラスミドを卵に注射する。一定時間後にプラスミドDNAを抽出し、大腸菌に形質転換後、選択培地によって検定用のプラスミドが導入された大腸菌だけが生育できるプ



写真1 卵へのDNA注射



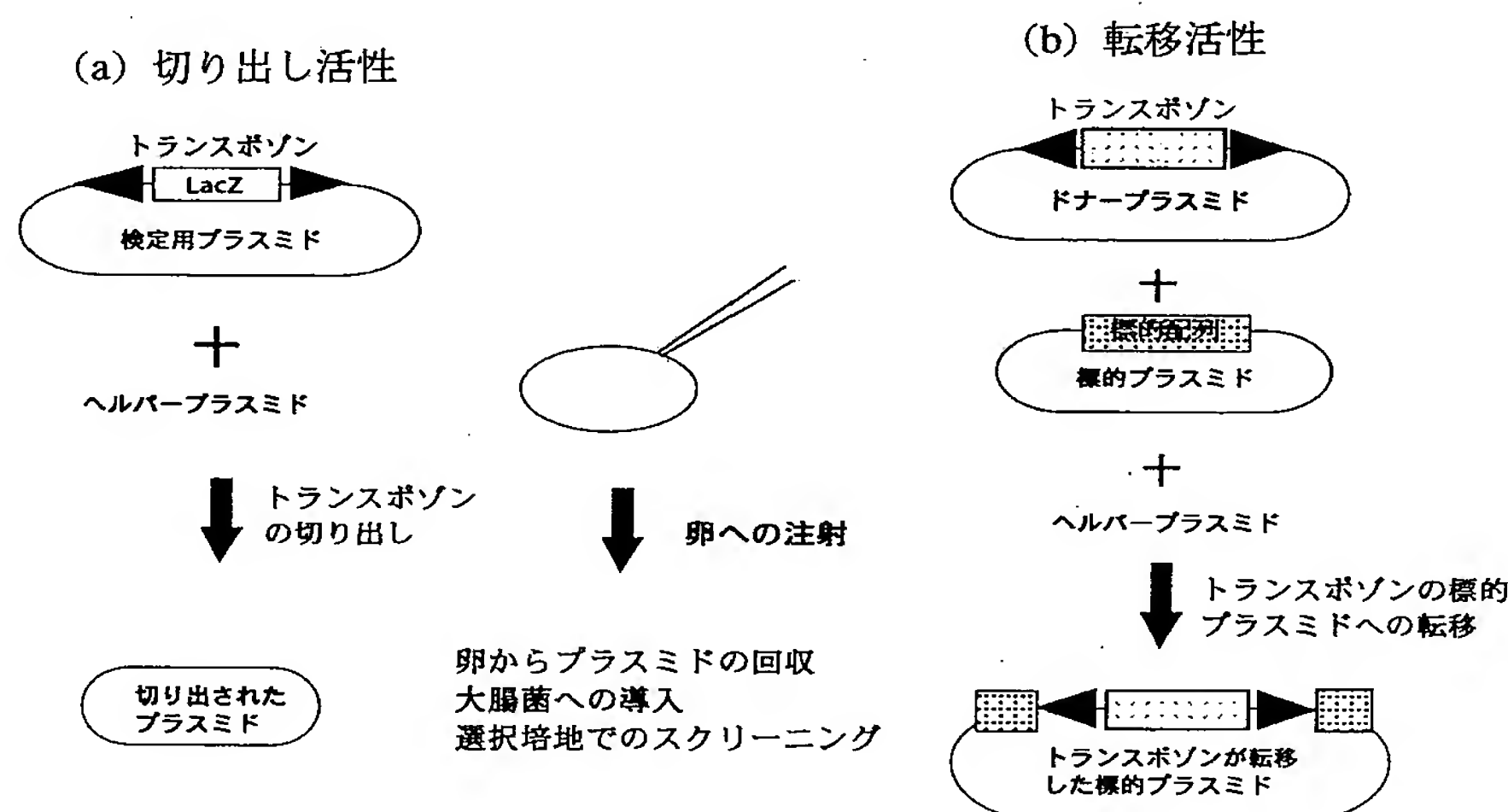


図1 カイコの卵におけるトランスポゾンの切り出しと転移活性の検定系

レート上でコロニーを形成させる。この時、培地に *lacZ* の検出用の試薬を混入することにより、*lacZ* 遺伝子を持つプラスミドは青いコロニーとして、この遺伝子が転移酵素の作用で切り出された場合は白いコロニーとして検出できる。この方法は簡単でしかも検出感度が高いため、目的とする昆虫で機能するトランスポゾンかどうかを短期間に検定できる。また、同様の方法で切り出された遺伝子が別のプラスミドに転移し、転移したプラスミドを持つ大腸菌だけが生育できる図1 (b) のような系が開発されている。この場合は、トランスポゾンを持つドナー、標的およびヘルパープラスミドを同時に卵に注射し、胚が発育後 DNA を抽出し、大腸菌への形質転換を行う。そして、標的プラスミドにトランスポゾンが転移したものだけが成育できる条件で培養することにより効率的に転移活性を調べることができる。

これら系を利用して、カイコで機能する DNA 型のトランスポゾンを探した。最初、有望と考えられたのは多くの生物に分布し、種特異性が低いと考えられている *hAT* 属のトランスポゾンである。しかし、この属のトランスポゾンである *hobo* や *Hermes* を上記のプラスミドにおける切り出しや転移活性をみる方法で調べた結果、いずれもカイコ卵では活性を検出することはできなかった。次に、鱗翅目昆虫由来のトランスポゾン *piggyBac* を調べた結果、切り出し活性の値が5%以上に達し、

カイコ胚での活性が非常に高いことがわかった (Tamura *et al.*, 1998)。また、チチュウカイミバエの形質転換に用いられているトランスポゾン *Minos* についても同様の検討が加えられ、このトランスポゾンはプラスミド間を高い頻度で転移し、カイコで機能することがわかった (Shimizu *et al.*, 2000)。また、別のグループの研究で昆虫に広く分布しているトランスポゾンである *mariner* についてもカイコ細胞で活性があることが確認されている (Wang *et al.*, 2000)。

#### 4. 形質転換カイコの作出

カイコで活性のある DNA 型のトランスポゾンを利用してベクターを作出した。このベクターを用いて行った形質転換カイコの作出実験を図2に示した。図2 (a) に示したようにベクターには形質転換体を検出するためのマーカーとして緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子をトランスポゾン *piggyBac* に挿入したものをを用いた。また、このベクター上の遺伝子を染色体 DNA へ転移させる作用のある酵素を産生するプラスミドをヘルパーとして同時に使用した。

これらの DNA を卵に注射し、卵から孵化した幼虫を飼育して繭を作らせ、蛾になった成虫同士を交配して次世代の卵を産ませた。この卵から孵化した幼虫において形質転換体が出現するかどうかを、マーカーとして用いた GFP による蛍光の有

無によって調べた(図2(b))。表1に示したように1回目の実験では、注射した1,058粒の卵の中から695頭が孵化し、424頭の妊性のある成虫を得ることができた。この成虫同士または無処理の成虫とを交配することにより220の成虫の雌から次世代を得た。カイコの場合、個体によって異なるが、1頭の成虫は400~500粒の卵を産むため、合計10万頭以上の次世代が得られたことになる。1頭の成虫が産んだ卵ごとに分けて別々のシャーレに入れ、これらの次世代の卵から孵化した幼虫を人工飼料によって飼育し、2日後に蛍光実体顕微鏡により幼虫の蛍光を観察した。その結果、3頭の成虫が産んだ卵の区において写真2に示したような強い蛍光を発する個体が観察された。蛍光を発する幼虫が出現する割合は区によって異なり、

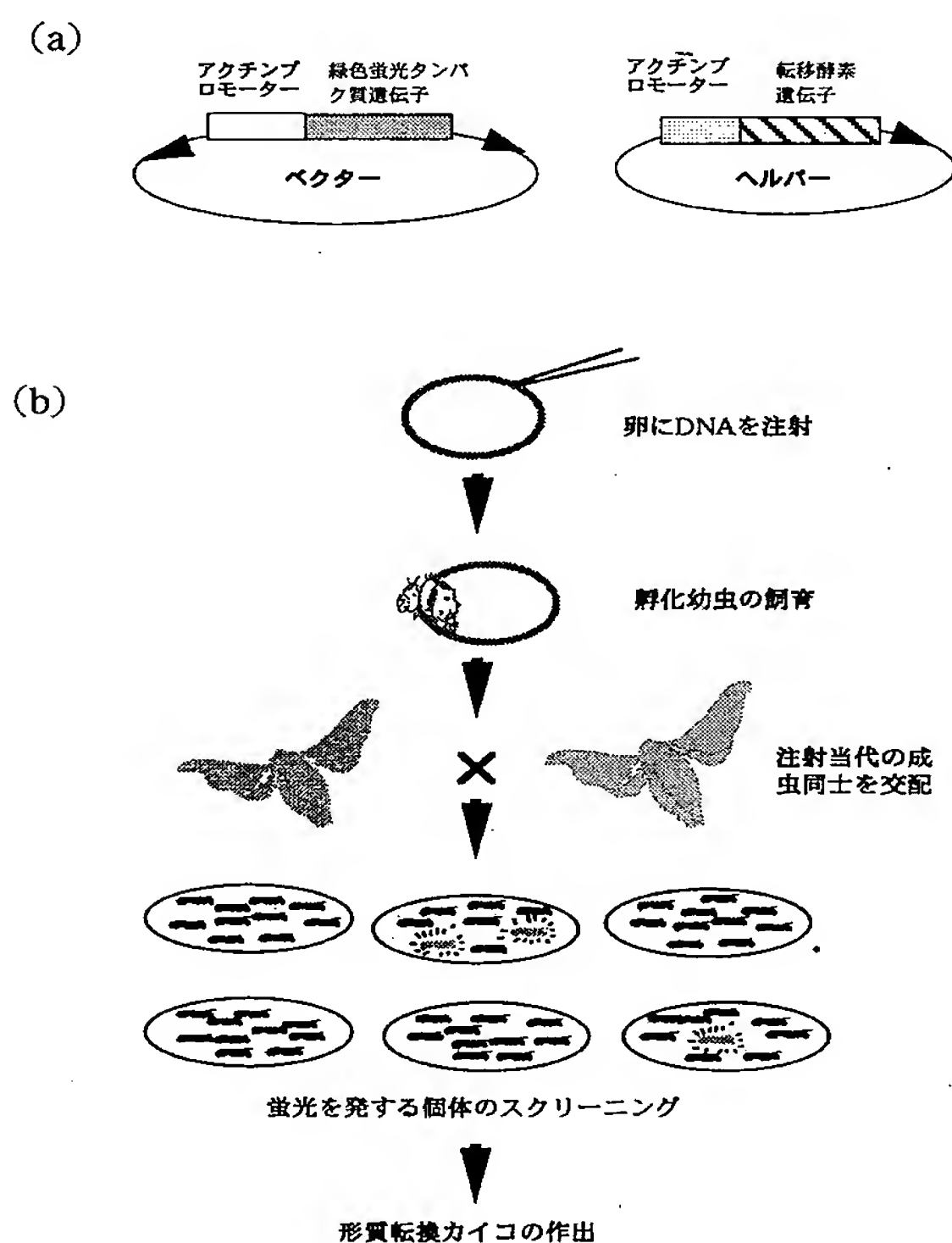


図2 カイコの形質転換の作出に用いたベクターの構造(a)とその手順(b)

表2に示したようにNo.5の蛾区では167頭中12頭、No.79の蛾区では157頭中15頭、No.101の区では156頭中41頭の幼虫に蛍光が観察された。

これらの蛍光を発する幼虫の染色体DNAにマーカーとして用いた遺伝子が挿入されているかどうかを調べた。幼虫の一部からDNAを抽出し、GFP遺伝子の存在をPCRやサザンによって調べたところ、蛍光を発する個体では注射した遺伝子が検出された。そこで、これらの幼虫をすべて成虫まで飼育し、蛍光を発する個体同士またはホストとして用いた遺伝子が挿入されていない系統と交配した。このようにして次世代を得た後、各成虫からゲノムDNAを抽出し、挿入された遺伝子の状態をサザンによって調べた。その結果、図3に示したようにマーカー遺伝子として挿入したGFP遺伝子の一部をプローブとしてサザンを行うと、トランスポゾン内に1カ所しか存在しない制限酵素 *XhoI* でゲノムDNAを処理した場合は、個体によって異なるサイズのバンドが出現するとともに、いくつものバンドを持つ個体が存在した。これはゲノム中に挿入された位置によって、制限酵素 *XhoI* の認識部位の位置が変わることと関連

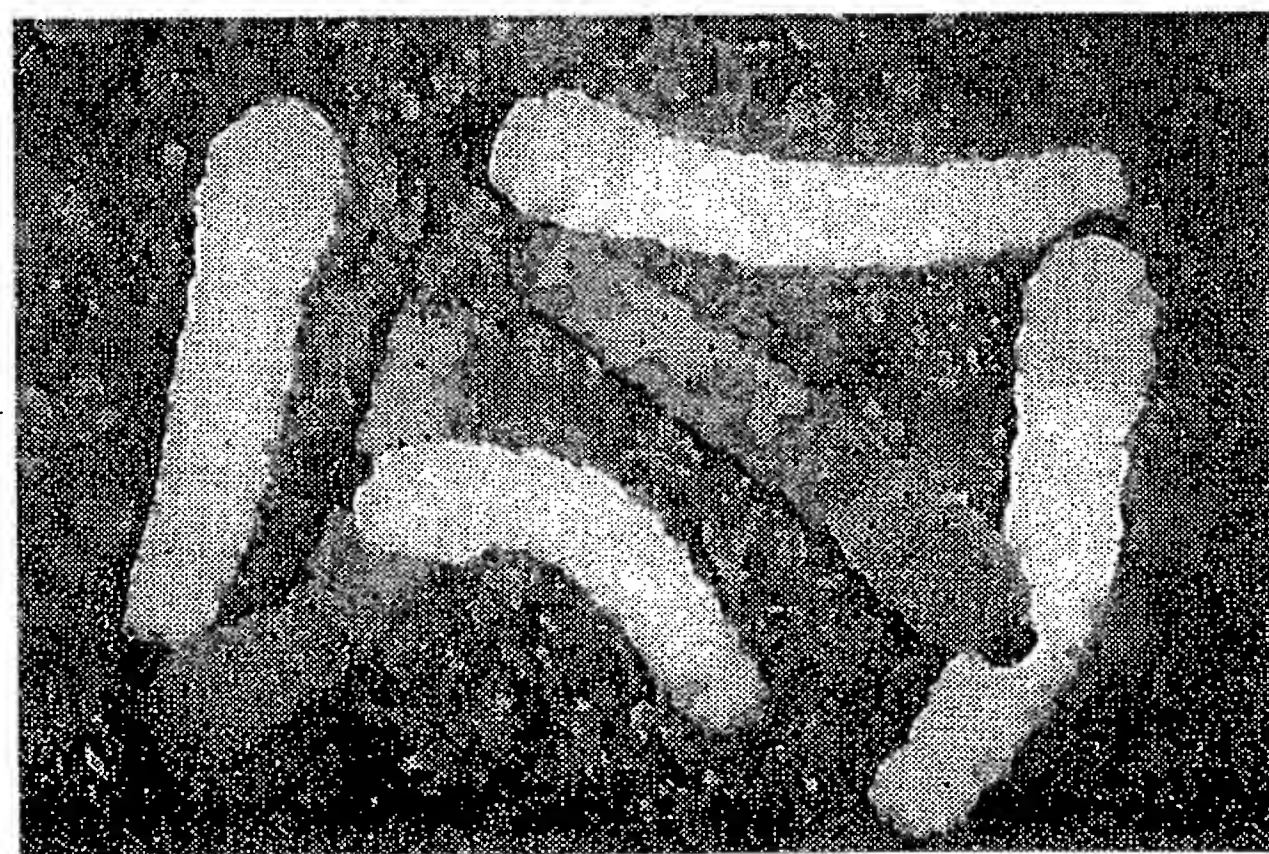


写真2 出現した形質転換カイコ(光っている幼虫) 暗く写っているカイコは対照の個体。

表1 カイコ卵へのベクターDNAの注射と形質転換体の出現率

実験区	注射卵数	孵化卵数	成虫数	同胞交配蛾数	戻し交配蛾数	蛍光を発する個体を生じた蛾数(%)
1	1,058	695	424	204	16	3 (1.4)
2	1,361	861	506	229	0	2 (0.9)



している。すなわち、トランスポゾンがゲノム中に挿入された場合、トランスポゾン内に1カ所存在する認識部位とゲノム中の挿入位置によって異なる別の認識部位によって切断される。そのため、異なる位置に挿入されたトランスポゾンは異なるサイズのバンドとして、*XhoI*でゲノムを切断した場合のサザンでは検出される。

一方、ベクターとして用いたトランスポゾン内を2カ所で切断する制限酵素で切断した場合はトランスポゾンの挿入位置には関係しない。この場合は、挿入によるトランスポゾンの構造変化がない限り、同じ大きさのバンドとして検出される。調べた限りではどの個体においてもバンドの大き

表2 蛾区における形質転換体の出現個体数とゲノム上への異なった位置への挿入の数

交配蛾区名	調査個体数	GFP発現個体数(%)	挿入の生じた数
pnd101	156	41 (26.7)	> 5
pnd79	157	15 (9.6)	> 4
pnd5	167	12 (7.2)	> 6
pnd8	344	7 (2.0)	N.D.
pnd92	502	14 (2.8)	N.D.

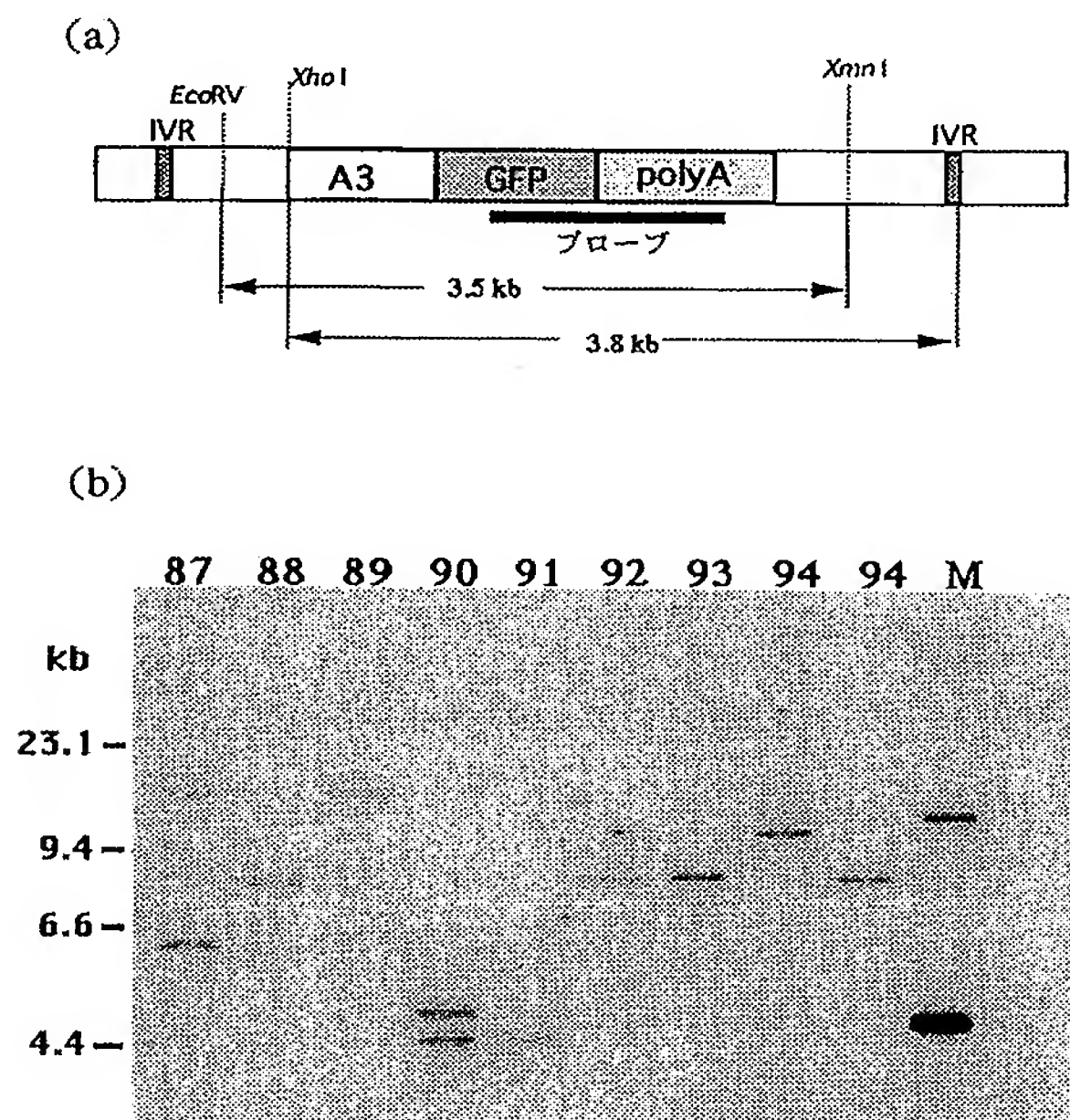


図3 形質転換カイコの作出に用いたベクターの構造 (a) とサザンの結果 (b)。

A3, カイコの細胞質アクチンのプロモーター領域; GFP, 緑色蛍光タンパク質遺伝子; IVR, トランスポゾンの逆方面末端反復配列; No89~94, 得られた形質転換体; M, マーカー

さは、注射したベクターと同じであった。以上のことから、挿入によって構造そのものは変化していないことがわかった。また、個体によっては複数の遺伝子が別の位置に挿入されている場合があることが明らかになった。

次に、これらの遺伝子の挿入は本当にトランスポゾンの転移機能が原因で生じているかどうかを確かめるため、蛍光を発する個体に挿入された遺伝子の周辺の塩基配列を調べた。もし、遺伝子の挿入がトランスポゾンの機能を介して起きているのであれば、図4に示したような反応が生体内で生じているはずである。すなわち、挿入された遺伝子の両側にはトランスポゾン *piggyBac* の逆方向末端反復配列と挿入の標的配列である TTAA が存在するはずである。このことを確かめるため、蛍光を発する個体から抽出したゲノム DNA を利用して、挿入部位の両側の塩基配列を調べた。その結果、図5に示したようにどの個体においてもトランスポゾンの両側の塩基配列は保存さ

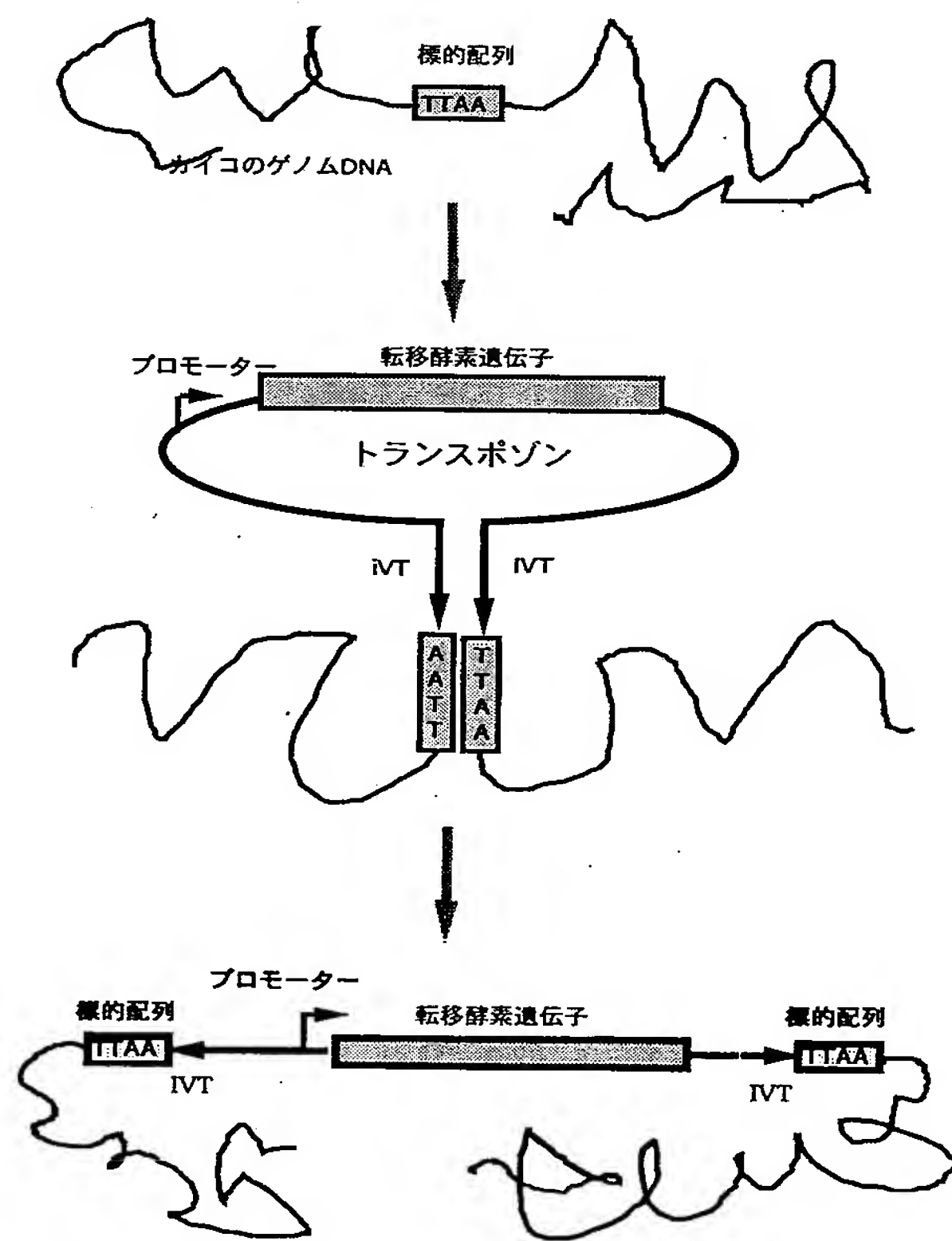


図4 トランスポゾンのゲノム DNA への挿入  
IVT, 逆方向末端反復配列

```

9      TGTTTAGGTTATTTGT TTAA-----piggyBac-----TTAA TAGAATTGGACGCGTG
11     TGTTTAGGTTATTTGT TTAA-----piggyBac-----TTAA TAGAATTGGACGCGTG
12     AAACATCCACATGTC TTAA-----piggyBac-----TTAA TGGTTAAGTGGTGAA
      CTGCCCTTAGAGTTTA TTAA-----piggyBac-----TTAA AGAAACTTCTAGAGAA
13     CCTTTATATTCTATCA TTAA-----piggyBac-----TTAA AGTTCCTTTGCTTTT
      TACTGTGAATTGCAGA TTAA-----piggyBac-----TTAA GTATATGTATATATT
14     TCAAACACATAGGTAC TTAA-----piggyBac-----TTAA TGAATAAACAAAATCA
16     AAAAGACTTAAATATG TTAA-----piggyBac-----TTAA AAACAAATGATATGAT
      TAACTGGCCTCAACGT TTAA-----piggyBac-----TTAA AGGACTGTATTGCAGC
      |||||
BmLSP 447 taactggcctcaacgt ttaa          aggactgtattgcagc 482
      |||||
Bmmar11182taactggcctcaacgt ttaa          aggactgtattgcagc 1217
17     CCTTTATATTCTATCA TTAA-----piggyBac-----TTAA AGTTCCTTTGCTTTT
      piggyBac-----TTAA GCATTTTATTAAGCAT
94     AAATACTACGCATTCA TTAA-----piggyBac-----TTAA GTTCATTTTCATCAAA

```

図5 形質転換カイコに挿入された遺伝子の挿入部位周辺の塩基配列

9,11,12,13,14,16,17 および 94 は形質転換体の個体番号；*BmLSp* および *Bmmar11* はカイコですでに報告されている遺伝子の塩基配列；*piggyBac*, トランスポゾンの領域；TTAA, トランスポゾンの標的配列

表3 蛍光を発する個体の次世代における分離

交配形式	遺伝子導入		全個体数	蛍光を有する個体の数	蛍光を持たない個体の数
	♂	♀			
無処理 × No.11	0	1	209	109	100
無処理 × No.5	0	1	118	55	63
No.13 × No.16	2	2	174	145	29
No.14 × No.17	1	2	77	50	27

No は出現した形質転換個体の系統番号を示している。

れており、その外側の標的配列も保存されていた。また、続けて行った2回目の実験においても表1, 2に示したように形質転換個体が似た頻度で得られた。このことから、トランスポゾン *piggyBac* を用いて作出された形質転換カイコはトランスポゾンが転移する機能によって、目的とする遺伝子がゲノムの DNA 中に挿入されていることがわかるとともにこの方法の再現性が高いことが明らかになった。

## 5. 作出された形質転換カイコの特徴

この方法によって、カイコに挿入された遺伝子が次世代へ安定して伝わるかどうかを確かめるため、得られた形質転換カイコを交配して次世代への挿入遺伝子の伝達様式について調べた。その結果、表3に示したように、挿入遺伝子が一つの個体と宿主として用いた挿入のない個体とを交配した場合の次世代は、蛍光を発する個体と発しな

い個体が1:1に分離した。サザンで調べた結果、次世代で蛍光を発する個体からはバンドが一つだけ検出され、サイズは親とまったく同じであることから、挿入位置に変化はないと結論された。また、形質転換体同士の交配では、挿入数の多い場合は次世代のほとんどの個体が蛍光を有していた。以上のことから挿入された遺伝子はゲノム上の位置を動くことなくメンデルの法則に従って次世代へ伝わると判断された。また、GFP 遺伝子の発現についても安定しており、少なくとも4世代にわたって調べた結果では、継代を続けることによって発現レベルが変化することはない。

興味あることは、得られた形質転換カイコでは絹糸腺においてGFPが大量に作られ(写真3)、繭糸に分泌されていることである(写真4)。このことはカイコによって異種のタンパク質を絹糸腺で大量に合成し、繭糸中へ分泌することが可能であることを示している。このようなタンパク質の合成と分泌機能は、医薬品等の有用物質の生産システムとして大変都合である。異種タンパク質の合成系では、精製するのに多くの労力を費やすがこの系では繭として直接目的とするタンパク質を取り出すことができる。また、カイコの場合、絹タンパク質を大量に作るために品種改良が重ねられてきた。その結果、現在の品種は1頭当たり0.5gものタンパク質を作る能力がある。これをペプチドホルモン等の別のタンパク質の生産に応用



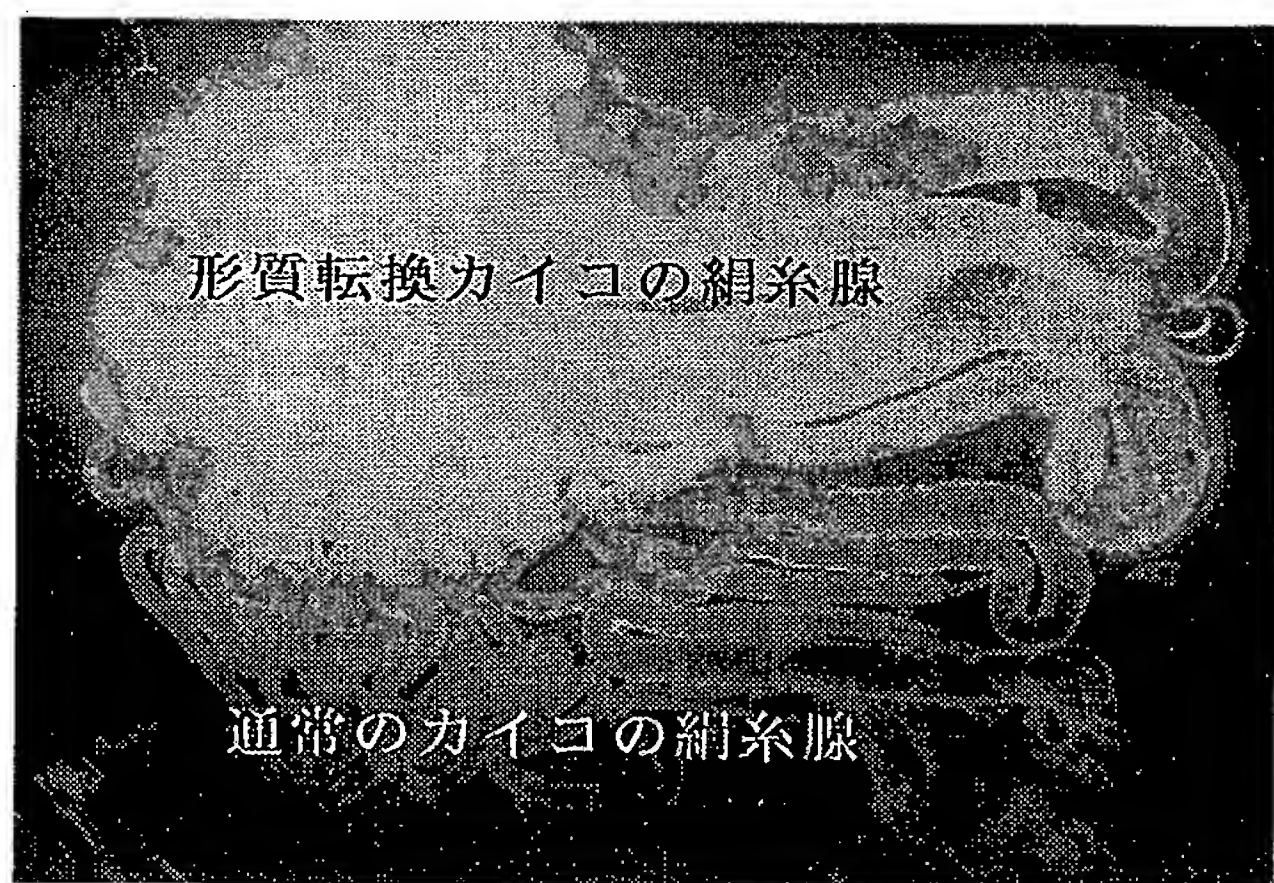


写真3 形質転換カイコにおける  
蛍光タンパク質遺伝子の発現

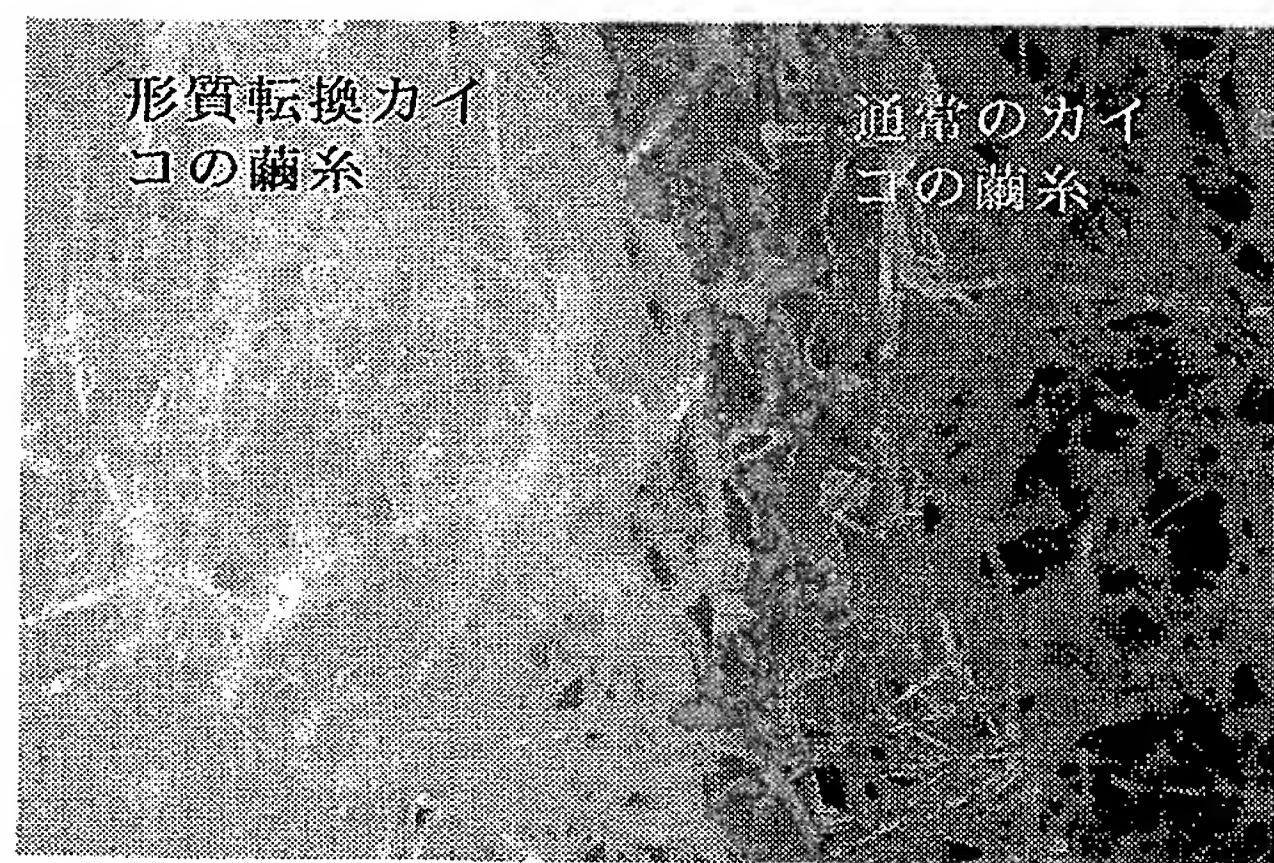


写真4 形質転換カイコの繭糸における  
蛍光タンパク質の分布

することにより、効率の高い異種タンパク質の生産系を作出できると予想される。

## 6. おわりに

DNA型のトランスポゾンを利用することにより形質転換カイコの作出技術が確立された。この方法は比較的簡単に形質転換個体を作成できるため、実用的な技術として利用できると期待される。とくに、昆虫機能の研究や昆虫産業を発展させるための基盤技術として大切であろう。具体的には、昆虫遺伝子の発現機構の研究や耐病性などを付与した新しいカイコの作出、医薬品等の生産におけるバイオリクターとしての利用などが可能になるものと思われる。

また、カイコを利用して開発されたトランスポゾンによるベクターをさらに他の昆虫にも利用できるように改良することにより、害虫や天敵などへの遺伝子導入法が開発できると考えられる。組み換え昆虫を今後どのように利用するかについては、社会的なコンセンサスを得ることが大切であり、安全性や生態系に与える影響を十分考慮しながら研究することが大切である。そのため、天敵や害虫にすぐにこの技術を利用することは難しいかもしれない。当面は自然界に広がる心配のないカイコで基本的なデータを集めることが重要であると考えている。今後はこのような点に考慮しつつ、形質転換カイコを作る技術をさらに使いやすいものに改良する必要があるだろう。そして、ゲノム等の先端研究に昆虫が利用され、昆虫の新しい使い道を開発するとともに、農薬に頼らない安全な技術として、害虫の遺伝的防除技術の発展に形質転換昆虫が貢献できるよう努力したいと考えている。

## 引用文献

- 1) Ashburner, M., Hoy, M. A. and Peioquin, J. J. (1998) Prospects for the genetic transformation of arthropods. *Insect Mol. Biol.* 7, 201 – 213.
- 2) Berghammer, A. J., Klingler, M. and Wimmer, E. A. (1999) A universal marker for transgenic insects. *Nature* 402, 370 – 371.
- 3) Coates, C. J., Jasinskiene, N., Miyashiro, L. and James, A. A. (1998) Mariner transposition and transformation of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95, 3748 – 3751.
- 4) Coulon – Bulex, M., Mounier, N., Couble, P. and C., P. J. (1993) Cytoplasmic actin A3 gene promoter injected as supercoiled plasmid is transiently active in *Bombyx mori* embryonic vitellogenins. *Roux's Arch Dev. Biol.* 202, 123 – 127.
- 5) Handler, A. M., McCombs, S. D., Frazer, M. J. and Saul, S. H. (1998) The lepidopteran transposon vector, *piggyBac*, mediates germ-line transformation in the Mediterranean fruit fly. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95, 7520 – 7525.
- 6) Jasinskiene, N., Coates, C. J., Benedict, M. Q., Cornel, A. J., Rafferty, C. S., James, A. A. and Collins, F. H. (1998) Stable transformation of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*, with the *Hermes* element from the housefly. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95, 3743 – 3747.
- 7) Loukeris, T. G., Livadaras, I., Arca, B., Zabalou, S. and

- Savakis, C. (1995) Gene transfer into the medfly, *Ceratitis capitata*, with a *Drosophila Hydei* transposable element. *Science* 270, 2002 – 2005.
- 8) 神田俊男・田村俊樹 (1991) 空気圧を利用したカイコ初期胚への微量注射法. 蚕糸昆虫研報, 3, 31 – 46.
  - 9) Nagaraju, J., Kanda, T., Yukuhiro, K., Chavancy, G., Tamura, T. and Couble, P. (1996) Attempt of transgenesis of the silkworm (*Bombyx mori* L) by egg-injection of foreign DNA. *Appl. Entomol. Zool.* 31, 589 – 598.
  - 10) O'Brochta, D. A. and Atkinson, P. W. (1996) Transposable element and gene transformation in non-drosophilid insects. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 26, 739 – 753.
  - 11) Rubin, G. M. and Spradling, A. C. (1982) Genetic transformation of *Drosophila* with transposable element vectors. *Science* 218, 348 – 353
  - 12) Shimizu, K., Kanba, M., Sonobe, H., Kanda, T., Klinakis, A., Savakis, C. and Tamura, T. (2000) Transposition of *Tc1/maniner*-like transposable element *Minos* in embryos of the silkworm *Bombyx mori*. *Insect Mol. Biol.*, in press.
  - 13) Tamura, T., Kanda, T., Takiya, S., Okano, K., and Maekawa, H. (1990) Transient expression of chimeric CAT genes injected into early embryos of the domesticated silkworm, *Bombyx mori*. *Jpn. J. Genet.* 65, 401 – 410.
  - 14) Tamura, T., Kanda, T., Zhong, B., Shimizu, K., Abraham, E.G. Shirk, P. and Frazer, M. (1998) Assessment of *piggyBac* transposons as a vector for transgenesis in silkworm, *Bombyx mori*. 3rd Intern. Sym. Mol. Insect Sci. p129.
  - 15) Tamura, T., Thibert, C., Royer, C., Kanda, T., Abraham, E., Kamba, M., Kômoto, N., Thomas, J.-L., Mauchamp, B., Chavancy, G., Shirk, P., Fraser, M., Prudhomme, J.-C. and Couble, P. (2000) A *piggyBac* element-derived vector efficiently promotes germ-line transformation in the silkworm *Bombyx mori* L. *Nature Biotechnology* 18, 81 – 84.
  - 16) Tomita, S., Son, B.-H., and Tamura, T. (1997) Cloning and characterization of a *mariner* like element in the silkworm, *Bombyx mori*. *Genes Genet. Sys.* 72, 219 – 228.
  - 17) Wang, W., Swevers, L., and Iatrou, K. (2000) *Mariner* (Mos1) transposase and genomic integration of foreign gene sequences in *Bombyx mori* cells. *Insect Mol. Biol.* 9, 145 – 155.

---



---

 農界ニュース
 

---



---

## 平成12年度 食品総合研究所公開講演会の開催

平成12年度 食品総合研究所公開講演会

「お役に立ちます微生物」

主催：農林水産省食品総合研究所

日時：平成12年9月22日（金）13：00～17：00

会場：ヤクルトホール（港区東新橋1-1-19）

JR新橋駅 汐留方面徒歩5分，地下鉄銀座線

新橋駅 2番出口3分，都営浅草線新橋駅 A4

出口徒歩1分

プログラム

基調講演：ポストゲノム時代の微生物利用

応用微生物部長：柳本正勝

講演：1. おいしいパンの立役者・冷凍耐性酵母

応用微生物部上席研究官・高野博幸

2. 麹菌とその遺伝子

糸状菌研究室長・柏木 豊

3. いろいろな糖質・創り出す技術

炭水化物研究室長・北村義明

4. リボゾームには驚くような機能が

微生物機能工学研究室長・超智幸三

特別講演：資源のリサイクルに役立つ微生物

東京大学大学院農学生命科学研究科教授・

五十嵐泰夫

問い合わせ：農林水産省食品総合研究所情報資料課長

野々上三四志

(TEL：0298-38-7992 FAX：0298-38-7996)

予約の必要なし。入場無料。